

Documentos de Cátedra Madera N° 8

Nuevas propuestas para el uso de madera de haya

E. Molinat, I. Zabalza, J.M. Cabrero

Artículo publicado originalmente en: Más madera

Por favor, citar este documento como:

*E. Molinat, I. Zabalza, J.M. Cabrero (2013), Nuevas propuestas para el uso de
madera de haya. Más madera, 7, pp. 22-29*

Nuevas propuestas para el uso de madera de haya

El estudio del que trata este artículo ha sido elaborado por la Cátedra Madera, iniciativa conjunta de la Universidad de Navarra y el Gobierno de Navarra, junto con la Asociación de Empresarios de la Madera de Navarra, ADEMAN. Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Edificación de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Navarra.

EL HAYA EN NAVARRA

El 64% de la superficie de la Comunidad Foral de Navarra es forestal (entre monte arbolado y monte bajo). El 64% de esta superficie está ocupada por bosques de frondosas, donde sobresalen los hayedos, con un 37% de la superficie forestal. A estos le siguen los robledales mediterráneos (11%), encinares (9%), robledales atlánticos (6%) y formaciones de riberas (2%). De entre las coníferas, destacan el pino silvestre (15%) y en menor medida el pino laricio, pino alepo y pino insignis (VV.AA., 2012).

Pero el haya no es solo importante para Navarra, ya que, en la península, los bosques de hayedos navarros suponen un tercio de su totalidad. Y además, la gran mayoría están certificados, con lo que esto les da un valor añadido y una mejor salida al mercado.

OBJETIVOS

El trabajo es el primero de una línea de trabajo propuesta por la Mesa de la Madera de Navarra (entidad que agrupa a las fuer-

“La finalidad del estudio es encontrar unos usos alternativos a los actuales para la madera de haya, principalmente en edificación”

zas principales del sector de la madera: propietarios forestales representados por Foresna Zurgaia, industrias de explotación primera y segunda transformación representados por ADEMAN, industrias de producción de pasta de papel, Administración forestal, Federación de Municipios y Concejos de Navarra F.N.M.C y otros organismos y asociaciones), centrada en la propuesta de nuevos usos y mercados al-

ternativos para las maderas locales. Dentro de ellas, se seleccionó, para hacer el primer estudio, la madera de haya.

La finalidad del estudio es encontrar unos usos alternativos a los actuales para la madera de haya, principalmente en edificación. Se buscan nuevas posibilidades para la madera de haya en un mercado todavía sin explorar a fondo. Por ello, se barajaron diferentes opciones donde poder utilizar la madera de haya y se llegó a la conclusión de que los mercados más interesantes son traviesas, mobiliario urbano, pavimentos exteriores y revestimientos exteriores. Véase imagen 1.

Cabe destacar que, el objetivo principal de este estudio no es tanto el análisis exhaustivo de la eficiencia del tratamiento, sino el abrir una posible puerta a la industria de la madera y dar unas pautas acerca del efecto que cada uno de los tratamientos tiene sobre la madera de haya. Será la propia empresa la que se encargue de finalizar y formalizar los resultados que propicia el tratamiento escogido.

ÁMBITO DE ACTUACIÓN

Puesto que el mercado de la madera de haya ha sido principalmente un mercado de interior de vivienda como muebles, carpinterías etc., la propuesta de este estudio es utilizar madera de haya en el exterior. Este cambio la expondrá a un ambiente más severo y por tanto deberá ser tratada con productos protectores que cumplan su función para las clases de uso 3 y 4, definidas en el Código Técnico de la Edificación (CTE DB-SE M), de la siguiente manera:

- Clase de uso 3

Engloba a los elementos estructurales que se encuentran al descubierto sin estar en contacto directo con el suelo. Pudiendo pertenecer a la clase 3.1, si el elemento se encuentra protegido o a la clase 3.2, si el elemento no está protegido.

- Clase de uso 4

Abarca a los elementos estructurales que están en contacto directo con el suelo o con agua dulce.

Por lo tanto, según la norma UNE EN 599-1 (1997) en estos tipos de ambiente, se deberá proteger la madera frente a hongos xilófagos basidiomycetes y frente a agentes bióticos.

PROPIEDADES DEL HAYA

El haya no presenta una durabilidad suficiente para ser expuesta a una clase de uso 3 o 4. Ya que, según la norma UNE EN 350-2 (1995), el haya sin tratar tiene una durabilidad en relación al ataque de hongos tipo 5, es decir, no durable. Es también sensible tanto a insectos de ciclo larvario como a termitas. Por ello, es imprescindible aplicarle un tratamiento protector.

A la hora de tratar la madera de haya, en caso de que el tratamiento sea un producto líquido, se ha de atender a la impregnabilidad, penetración y retención que presenta la madera en cuestión. Ya que, en función de estas características, se podrá asegurar o no, una buena efectividad del tratamiento.

La madera de haya, atendiendo a la norma UNE EN 350-2 (1995), presenta una impregnabilidad para la albura y el duramen de tipo 1, impregnable. Pero cuando hay corazón rojo, la zona afectada es tipo 4, no impregnable. Por lo que en este último caso, no se podrá tratar con los productos protectores líquidos.



Travesa



Mobiliario urbano



Tarima



Revestimiento

Imagen 1. Usos para la madera de haya

En cuanto a la penetración, atendiendo al Código Técnico de la Edificación (CTE DB-SE M), es necesaria una penetración tipo NP3 (al menos 6 mm en la albura de todas las caras de la pieza) para clase de uso 3 y NP5 (Penetración total en la albura) para clase de uso 4.

TRATAMIENTOS PROTECTORES

Los tratamientos protectores estudiados son el tratamiento en autoclave, sustitución de savia, termotratamiento y tratamiento por nanopartículas. Se detallan a continuación:

Autoclave

El tratamiento de impregnación por sales en autoclave consiste en la aplicación de productos protectores mediante el sistema de vacío-presión. Este proceso se muestra en la figura 1.

En este caso, el tratamiento se ha realizado con el producto protector Tanalith E 3492, producto acuoso a base de tecnología de cobre y biocidas orgánicos.

Este tratamiento incrementa la vida útil de la madera en unos 15 años, pudiendo ser más dependiendo de la localización y uso de la madera tratada.

Como ya se ha dicho, la madera de haya es impregnable y se requiere una penetración tipo NP3 para clase de uso 3 y NP5 para clase de uso 4. Tras realizar en este trabajo ensayos para conocer la penetración de la madera de haya, no se ha podido determinar la penetración que esta presenta, ya que, como indican en el laboratorio, "no ha habido una reacción aparente que permita determinarla".

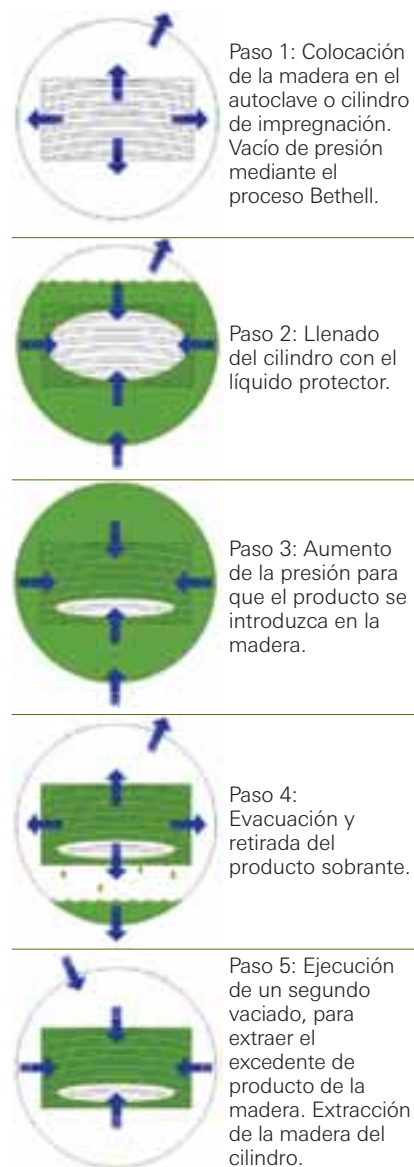


Figura 1. Proceso del tratamiento en autoclave



Pasarela de madera tratada en Viana, Navarra (MADERGIA)



Aplicación de presión por la parte inferior del tronco (que se eleva a más altura) y succión por la parte superior (que queda a una altura inferior). De esta manera se aprovecha la dirección natural del flujo de la savia, que discurre de la base hacia la copa del árbol.



Inyección del tratamiento líquido de tal manera que va sustituyendo la savia del tronco.



Cuando el líquido protector empieza a salir por el extremo opuesto, se da por concluido el tratamiento.

Figura 2. Proceso del tratamiento de sustitución de savia

Además es necesaria una retención mínima, es decir, que se quede en la madera tras el tratamiento suficiente producto químico para que esta quede protegida. Para madera de pino silvestre, los valores son 10.3 kg/m³ para clase de uso 3 y 13.3 kg/m³ para clase de uso 4. No hay estudios sobre la retención necesaria en madera de haya. En el caso de la madera de haya tratada para este estudio, su retención fue de 12.9 kg/m³, con lo que podría cumplir en clase de uso 3 pero no en clase de uso 4, siempre que los valores de retención necesaria sean equiparables a los del pino.

Sustitución de savia

El tratamiento por sustitución de savia consiste en reemplazar la savia contenida en un tronco por una solución a base de sales disueltas en agua que actúa como preservador. El tratamiento ha de ejecutarse con el tronco recién cortado y todavía verde para aprovechar la fluencia que la savia sigue teniendo, y así resulte más sencilla su extracción y sustitución. Este proceso se muestra en la figura 2.

En nuestro caso, al igual que el tratamiento en autoclave, se ha realizado con el protector Tanalith E 3492.

Termotratamiento

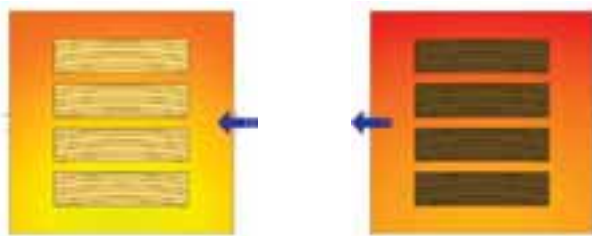
El termotratamiento consiste en someter a la madera a un ciclo combinado donde se alternan altas temperaturas y diferen-

tes grados de humedad. Este proceso se muestra en la figura 3.

Para el caso al que se refiere este texto, el tratamiento al que se sometió la madera de haya fue un proceso que duró alrededor de 100 horas y en el que se alcanzaron temperaturas de 190°C.

El termotratamiento incrementa la vida útil de la madera alrededor de 25 años. Al modificar la estructura química de la madera debido a las altas temperaturas a la que es sometida, la madera deja de servir de alimento a los insectos que la atacan, ya que deja de ser propiamente madera. Las características mecánicas de la madera termotratada se modifican con este tratamiento (Thermowood):

- La resistencia a flexión de la madera tratada se ve reducida de media en un 40% respecto a la misma especie sin tratar.
- La resistencia a compresión no se ve afectada significativamente.
- La resistencia a agrietarse se ve reducida.
- La densidad de la madera disminuye de media un 10%.
- La variación dimensional y la estabilidad van ligadas al equilibrio del contenido de humedad, y al reducirse este en un 40-50%, los anteriores se reducen considerablemente. El resultado es una madera más estable.
- La permeabilidad aumenta al disminuir con el tratamiento la absorción de agua.



Fase 1. Aumento de la temperatura y el secado a alta temperatura

Usando calor y vapor de agua, la temperatura del horno alcanza rápidamente alrededor de 100°C. A partir de entonces, la temperatura aumenta de manera constante hasta los 130°C. Tiempo durante el cual, el secado a alta temperatura se lleva a cabo y el contenido de humedad en la madera disminuye a casi cero.



Fase 2. Termotratamiento

Una vez el secado a alta temperatura ha tenido lugar, la temperatura en el interior del horno aumenta entre 185°C y 215°C. Cuando se alcanza el nivel deseado, la temperatura se mantiene constante durante 2-3 horas, dependiendo de la aplicación del uso final.



Fase 3. Enfriamiento y acondicionamiento de la humedad

En la fase final se baja la temperatura mediante sistemas de pulverización de agua; cuando la temperatura ha alcanzado los 80-90°C, se lleva a cabo la rehidratación para llevar el contenido de humedad de la madera a un nivel utilizable, 4-7%. (Thermowood).

Figura 3. Proceso del termotratamiento

- Con el termotratamiento se crean más huecos en el interior de la madera, con lo que su conductividad térmica baja aumentando su capacidad aislante en un 20-25%.

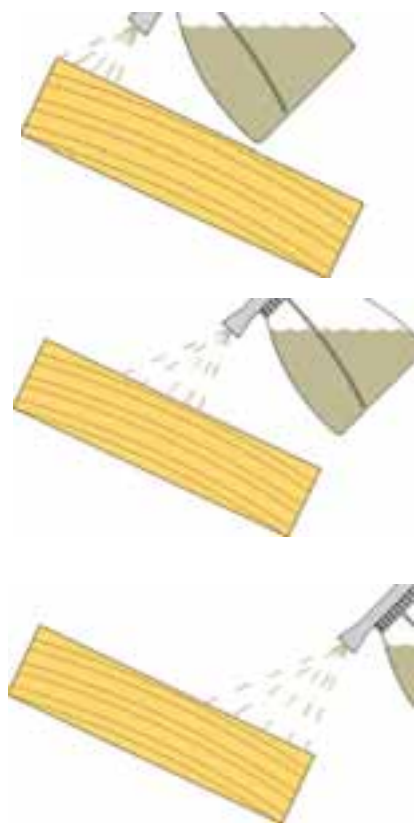
Nanoproducto

El tratamiento consiste en la aplicación de una capa de nanoproducto con propiedades repelentes al agua y a sustancias aceitosas basadas en el aumento del ángulo de contacto entre el sólido y el líquido. Se disminuye la adhesión del líquido evitando la absorción en materiales porosos mediante la formación de gotas fácilmente eliminables de la superficie tratada, y por tanto no se moja. Este tratamiento no protege a la madera al igual que los anteriores, que basaban su eficacia en protegerla de los insectos mediante elementos químicos que hacen que la madera deje de servirles como alimento. Este tratamiento basa su eficacia en evitar la entrada de agua en la madera y, de esta forma, conseguir que no se humedezca y sea así más fácilmente atacable por los insectos. Este proceso se muestra en la figura 4.

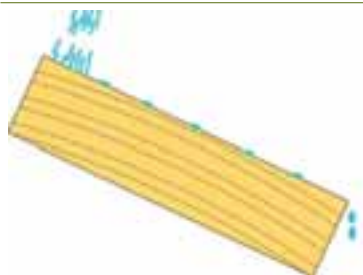
Los productos utilizados en este ensayo son el Tecnadis PRS EFFECT y el Tecna-



Edificio de Bellas Artes con madera termotratada, Leioa, Vizcaya (TERMOGENIK)



Aplicación del nanoproducto.
El nanoproducto se pulveriza sobre la superficie de la madera que quedará expuesta al agua.



El agua discurre por la superficie de la madera sin penetrar en ella.

Figura 4. Proceso del tratamiento de nanoproducto

dis PRS PERFORMANCE. Su diferencia principal es que el segundo tiene mayor resistencia a la abrasión continuada, por lo que está más enfocado a usos como los pavimentos.

Al tratarse de un tratamiento superficial, su durabilidad depende en gran medida de su exposición a las condiciones ambientales y meteorológicas, a la mayor o menor fricción a la que está sometido, influyendo en gran medida el lugar en el que se aplique (suelo, fachada, mobiliario...). Los ensayos de los que se dispone en aplicación sobre materiales pétreos, garantizan una durabilidad superior a 10 años.

RESULTADOS

Se han realizado los ensayos precisos a fin de determinar si la madera empleada tiene las características suficientes para cumplir sus funciones y garantizar la seguridad requerida por las diferentes normas. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Resbaladidad

En pavimentos colocados al exterior, ha de tenerse en cuenta factores como la resbaladidad para determinar si la madera tratada es apta para la función a la que se va a someter.

El Código Técnico de la Edificación (CTE DB-SUA), la divide en 3 clases. Para pavimentos en zonas interiores húmedas, tales como las entradas a los edificios desde el espacio exterior, terrazas cubiertas, vestuarios, baños, aseos, cocinas, etc. la clase mínima es la 2.

Para zonas exteriores así como en piscinas y duchas, la clase mínima es la 3.

Los resultados de los ensayos para los diferentes tratamientos son los siguientes:

Tanto para la madera de haya natural, el tratamiento de autoclave, sustitución de

savia, termotratamiento como el tratamiento de nanopartículas, en sus dos versiones, Tecnadis PRS EFFECT y Tecnadis PRS PERFORMANCE; la clase de resbaladidad obtenida es la 3. Con lo que la madera tratada con cualquiera de estos tratamientos cumplirá los valores de resbaladidad para ser colocada tanto en una clase de uso 3 como 4.

Dureza

Nuevamente, esta es una característica que concierne principalmente a los pavimentos. Ya que, dependiendo de su dureza, podrán soportar o no el tránsito de las personas y vehículos.

Atendiendo a las especificaciones sobre clasificación de la dureza, la norma UNE 56540 (1978), las divide en cinco clases. Desde la clase F1, considerada como muy blanda, hasta la F5, muy dura. Determinando para el caso de los pavimentos de madera, una dureza mínima de clase F3, semidura.

Los resultados obtenidos en los ensayos son los siguientes:

La madera de haya sin tratamiento, el tratamiento en autoclave, sustitución de savia y el producto Tecnadis PRS PERFORMANCE del tratamiento de la nanotecnología; obtienen una clase F3, con lo que la madera es considerada semidura y por tanto es apta para ser utilizada en pavimentos.

Mientras que el termotratamiento y el producto Tecnadis PRS EFFECT del tratamiento de nanotecnología, presentan una dureza de clase F2, blanda. Un valor que no alcanza el mínimo exigido y por tanto, no podrán ser utilizadas en pavimentos.

Color

Debido al tratamiento al que se somete a la madera, esta puede cambiar de color y adquirir nuevas tonalidades diferentes a las de su colorido natural.



a.

b.

c.

d.

Imagen 2. Color de la madera de haya natural (a), tratada en autoclave y tratada mediante sustitución de savia (b), termotratada (c) y tratada mediante nanopartículas (d)

La madera de haya natural tiene un color rosa anaranjado, con abundantes finas manchas rojizas como se puede ver en la imagen 2.a.

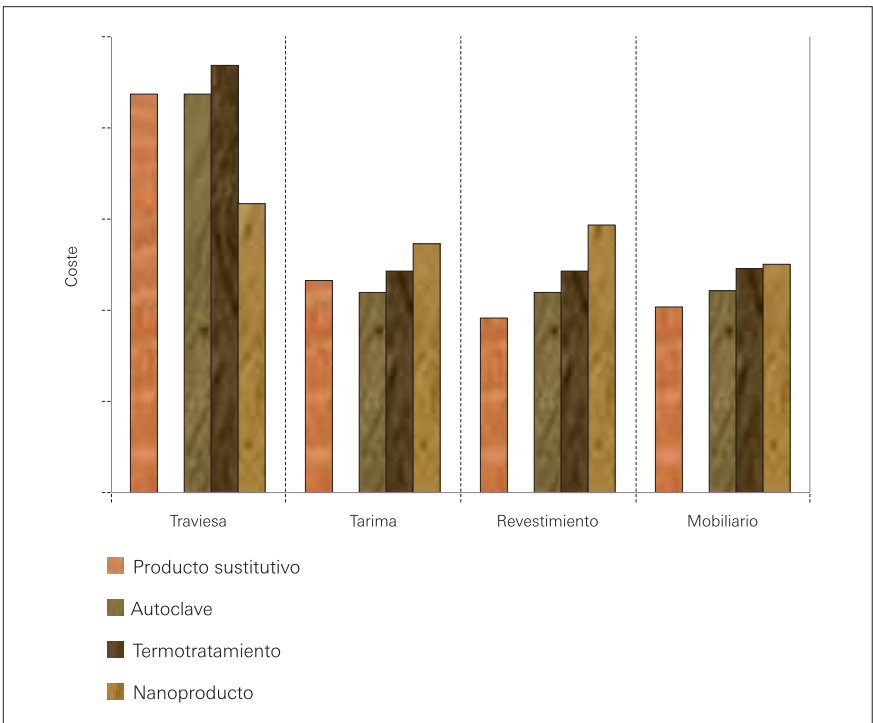
En el caso del tratamiento en autoclave y el tratamiento por sustitución de savia, la madera de haya adquiere una tonalidad verdosa. Esto es debido a las sales de cobre que se aplican diluidas en el tratamiento que, al oxidarse, proporcionan ese color verdoso (ver imagen 2.b) que, con el paso del tiempo puede tornarse en un color grisáceo. Pese al posible cambio de color futuro, la función del cobre permanece.

En el termotratamiento, el color de la madera de haya se oscurece adquiriendo tonalidades similares a las de las maderas tropicales (ver imagen 2.c). A mayor temperatura de tratamiento, más oscura se vuelve la madera.

Por último, el tratamiento de nanopartículas, debido a que se trata de un líquido incoloro, no proporciona color alguno a las piezas de madera de haya, como se muestra en la imagen 2.d.

Precio

En este estudio se han buscado nuevas propuestas para el uso de madera de haya, propuestas que plantean el uso del haya en lugares donde no se hacía anteriormente y por tanto, lugares donde ya



existen otras especies de madera siendo utilizadas debido a sus características naturales. En consecuencia, se debe demostrar si la madera de haya tratada es viable económicamente en comparación con estas especies de madera ya utilizadas y en funcionamiento.

A continuación, se muestra la viabilidad económica de cada uno de los tratamientos expuestos en este artículo:

El precio del tratamiento de autoclave asciende a 110-120 €/m³ de madera tratada. Esto supone aproximadamente que, el uso de madera de haya tratada en au-

	Sin tratar	Autoclave	Sustitución de savia	Termotratamiento	Nanoproducto
Durabilidad (años)	No durable	15	15	25	10
Esfuerzo cortante (N/mm²)	7.7-10	7.7-10	7.7-10	-	7.7-10
Flexión estática (N/mm²)	1100-1800	1242	1242	752	1242
Compresión perpendicular (N/mm²)	12	12	12	12	12
Compresión axial (N/mm²)	52-64	52-64	52-64	52-64	52-54
Resbaladicidad (Clase)	3	3	3	3	3
Densidad (kg/m³)	700-750	700-750	700-750	630-675 (-10%)	700-750
Dureza (Clase)	F3 (semidura)	F3 (semidura)	F3 (semidura)	F2 (blanda)	F2-F3
Color	Rosa anaranjado	Verdoso	Verdoso	Oscuro	Rosa anaranjado
Viabilidad económica	-	Viable para traviesas y tarima	-	No es viable	Viable para traviesas

toclave es viable para traviesas y para tarima exterior, pero no para mobiliario urbano y revestimientos.

El termotratamiento cuesta alrededor de 231 €/m³, con lo que no es totalmente viable en ninguno de sus usos previstos, ya que aunque es más económica que algunas especies de madera, siempre se presentan otras que son más viables. Dependiendo del producto utilizado, Tecnadis PRS EFFECT o PERFORMANCE, el

precio oscila entre los 3 y 3.5 €/m² de madera tratada. Lo que significa, que este tratamiento hace a la madera de haya más económica que otras especies en su uso como traviesa, pero no es totalmente viable en el resto de los usos estudiados. En cuanto al precio del tratamiento por sustitución de savia, la implementación del mismo no está formulada como un procedimiento comercializado, y por tanto, no se encuentra en la cartera de

productos de ninguna empresa, por lo que no se tienen valores con los que poder comparar.

TABLA RESUMEN

En los gráficos 1, 2, 3 y 4 se muestra cómo varían las características más relevantes de la madera tratada con autoclave, termotratamiento y nanopartículas para cada uno de los usos previstos: pavimentos, mobiliario, revestimientos y traviesas.

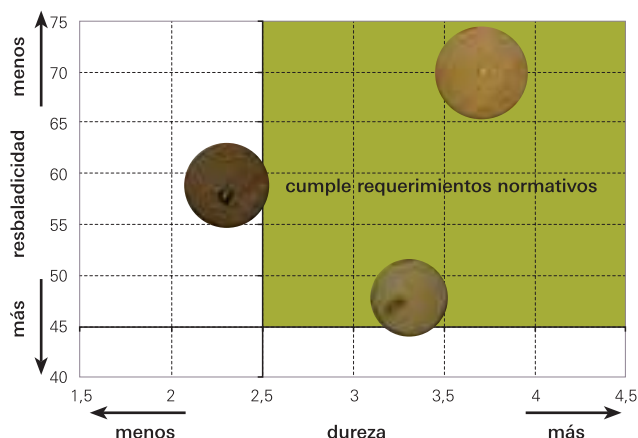


Gráfico 1. Variación de la dureza y resbaladidad para pavimentos de madera de haya. El sombreado verde indica si el tratamiento está dentro de los límites normativos

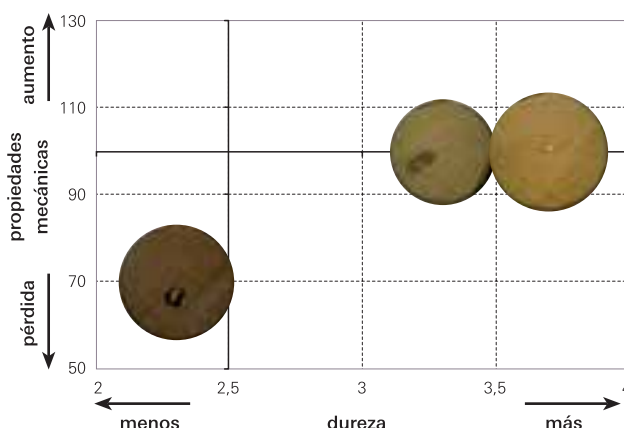


Gráfico 2. Variación de la dureza y propiedades mecánicas (%) para mobiliario de madera de haya

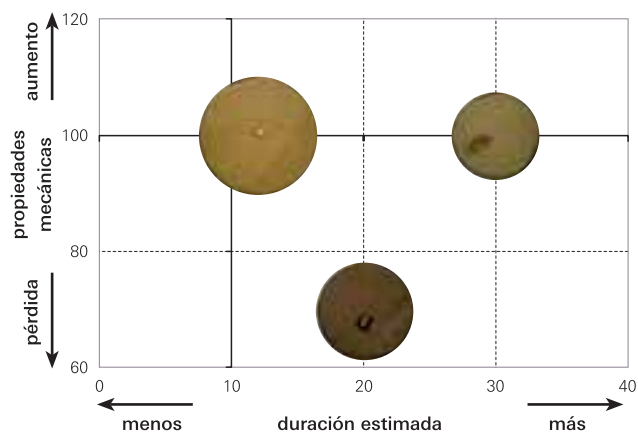


Gráfico 3. Variación de la duración estimada (años) y propiedades mecánicas (%) para revestimientos de madera de haya

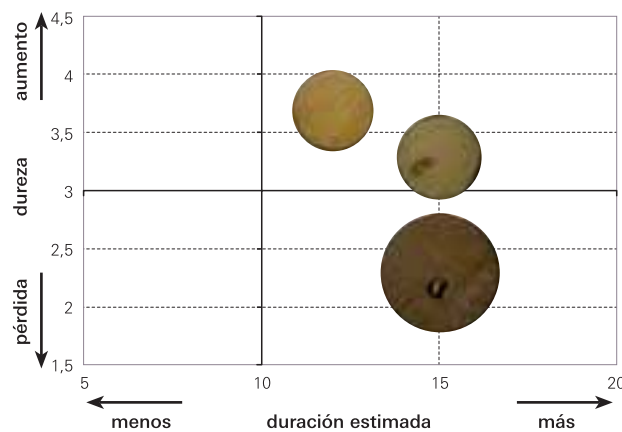


Gráfico 4. Variación de la duración estimada (años) y dureza para traviesas de madera de haya



Tratamiento en autoclave



Termotratamiento



Tratamiento con nanopartículas

*El tamaño del círculo varía en función del precio del producto tratado con cada uno de los tratamientos. A mayor dimensión, mayor es el precio y viceversa.

**Los círculos no mantienen una proporción entre uno y otro producto, ya que no se pueden comparar debido a que las medidas no son las mismas para todos.

CONCLUSIONES

Es importante recordar que los resultados obtenidos en este estudio son consecuencia de tratar a la madera de haya con unos productos o a unas temperaturas específicas. Si se tratara con otro tipo de productos o a otras temperaturas, se debe tener en cuenta que los resultados podrían variar resultando más o menos favorables para su uso final.

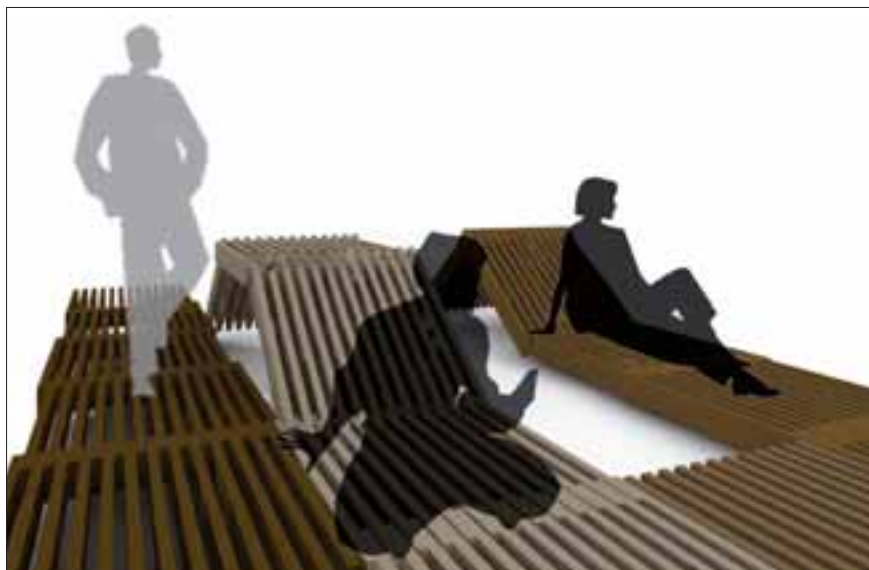
LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

A corto plazo se publicarán los informes de cada uno de los tratamientos expuestos en este artículo, donde se podrá encontrar información detallada de los mismos.

A largo plazo, se van a desarrollar dos ensayos de campo para analizar la durabilidad de cada uno de los tratamientos. El primero de ellos consiste en un campo de estacas, mientras que el segundo será un expositor, diseñado por Lucía Cella y Florencia Cisneros, alumnas del Máster en Diseño Arquitectónico de la Escuela Técnica Superior de la Universidad de Navarra, en el que revestimientos de fachada y suelo de cada uno de los tratamientos serán expuestos a la intemperie, en condiciones reales de aplicación y exposición, como se puede ver en las imágenes 3 y 4. Ambos ensayos se localizarán en el exterior de la Es-

cuela de Arquitectura de la Universidad de Navarra. +

**Eduardo Molinat Izu. Isabel Zabalza Yanguas
José Manuel Cabrero Ballarín.** Cátedra Madera



Imágenes 3 y 4. Expositor de madera con cada uno de los tratamientos

BIBLIOGRAFÍA

CTE DB SE-M, 2009. Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. Madera. Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda. 126 páginas. Madrid, España. Disponible en <http://www.codigotecnico.org>

CTE DE SUA, 2010. Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad de utilización y accesibilidad. Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda. 46 páginas. Madrid, España. Disponible en <http://www.codigotecnico.org>

THERMOWOOD. <http://www.thermowood.fi/>

UNE EN 350-2; 1995. Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera. Durabilidad natural de la madera maciza. Parte 2: Guía de la durabilidad natural y de la impregnabilidad de especies de madera seleccionadas por su importancia en Europa. AENOR. 44 páginas. Madrid, España.

UNE EN 599-1; 1997. Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Prestaciones de los protectores de la madera determinadas mediante ensayos biológicos. Parte 1: Especificaciones para las distintas clases de riesgo. AENOR. 34 páginas. Madrid, España.

UNE 56540; 1978. Características físico-mecánicas de la madera. Interpretación de los resultados de los ensayos. AENOR.

VV.AA., 2012. Así es Navarra: La flora. Página web oficial del Gobierno de Navarra: http://www.navarra.es/home_es/Navarra/Asi+es+Navarra/Naturaleza/La+flora.htm